

# Il caso del Porto di Napoli: valutazione dell'impatto sull'ambiente cittadino generato dal traffico marittimo

**Tommaso COPPOLA, Franco QUARANTA**

*Università degli Studi di Napoli "Federico II"  
Dipartimento di Ingegneria Navale*

*L'attività del settore navale costituisce non più del 3% di quella delle altre attività industriali a livello nazionale; il consumo di energia, l'emissione di gas nocivi, l'impatto ambientale e tutto ciò che ha pertinenza con tali attività incide più o meno secondo quella percentuale.*

*Si tratta, dunque, di numeri piccoli, apparentemente non tali da giustificare specifiche strategie.*

*Tuttavia, la natura stessa della marineria genera alcune criticità che destano preoccupazione e richiedono particolare attenzione; in tema di impatto ambientale, sebbene le emissioni allo scarico dalle navi possano essere considerate – per quantità complessiva, per diffusione nel mare che non è ambiente abitato – di minor nocività per l'ecosistema, esistono particolari aree nelle quali proprio l'attività marinara ha effetto potenzialmente devastante. Si tratta delle aree marine ad alto livello di conurbazione; tra esse la più evidente, forse, in Italia è il Porto di Napoli.*

*In esso è talmente elevata la presenza e l'operatività di navi di tutte le taglie da creare microclimi decisamente peggiori di quelli tipici delle altre realtà cittadine. Se alle classiche attività marinare si aggiunge quella dei generatori di energia elettrica presenti nelle navi da crociera (in alcune condizioni, si può arrivare a decine se non centinaia di MW), è facile intuire quanto sia critica la situazione che si crea nelle zone prossime agli attracchi e, quindi, a questi molteplici e fecondi produttori di gas velenosi.*

*La presente memoria ha lo scopo di presentare la logistica della zona portuale di Napoli contestualizzata nell'ambiente cittadino, definire le attività marittime di rilievo nell'area (potenze installate, emissioni conseguenti, ecc.) e valutare il relativo impatto ambientale in termini di emissioni totali delle principali sostanze emesse allo scarico, di inquinamento ambientale assoluto in prossimità delle zone di attracco più esposte al problema.*

## **1. IL PORTO DI NAPOLI (40°51'19" N - 14°15'36" E)**

È uno dei siti più antichi del mondo; la fondazione si può far risalire al VI - VII secolo AC quando alcuni colonizzatori rodesi s'insediarono nella zona di Pizzofalcone che si può considerare prima area portuale vera e propria.

In epoca romana (V secolo), con l'espansione ad oriente della città, il traffico marittimo crebbe fino a raggiungere dimensioni tali da richiedere, sotto il regno dei D'Angiò, importanti opere di sistemazione e ristrutturazione nonché, in periodi ancora successivi (XV secolo), fortificazioni e costruzione di strutture operative come magazzini, depositi e fabbriche.

Nel '700, sotto i Borboni, il Porto assume dignità di struttura completa, con impianti e servizi di grande livello, nonché un vero e proprio cantiere navale capace di varare, nel 1818, la prima nave a vapore del Mediterraneo.

Con l'unità d'Italia iniziò il declino con la diminuzione di traffici ed attività marinare. La (difficile) ripresa si vedrà non prima dell'inizio del '900 e negli anni '30 con la ristrutturazione e la sistemazione della logistica.

Il Porto si estende per una buona parte della costa cittadina, più di 5 km, dal territorio del comune di San Giovanni fino ai moli di centro città ed ha propaggini ad ovest dove si trovano alcune piccole realtà di attracco per il traffico locale.

Ha banchine per una lunghezza sfruttabile maggiore di 11 km con 75 approdi ed è innervato da una rete stradale di più di 3 km (interamente percorribili dai rotabili che possono accedere da quattro varchi) e da una di binari lunga circa 2 km connessa alla rete ferroviaria nazionale.



Un'immagine del Porto invaso da navi di ogni genere

La Tavola Strozzi (XV sec.), una delle più note e suggestive rappresentazioni del Porto di Napoli



Data la vocazione universale del Porto di Napoli, si svolgono in esso traffici di tipo mercantile e passeggeri, entrambi con elevatissime portate; nell'anno 2008 si avevano:

movimenti container	
imbarchi/sbarchi (numero)	320'000
imbarchi/sbarchi (TEU)	482'000
movimenti passeggeri	
passeggeri TPL	6'685'000
crocieristi	2'342'000

Facendo riferimento al quinquennio 2004 – 2008, il trend dei dati disponibili mostra un assetto sostanzialmente costante del traffico passeggeri (lievemente decrescente quello passeggeri, un po' crescente per i crocieristi) che si è attestato su circa nove milioni di presenze annue; il numero di navi da crociera in attracco sta arrivando alle 700 presenze l'anno.

In crescita decisa il traffico merci che, nel periodo di osservazione, ha mostrato un aumento dei container movimentati poco inferiore all'otto per cento annuo.

## **2. LE NORMATIVE VIGENTI IN TEMA DI LIMITAZIONE DELLE EMISSIONI ALLO SCARICO DA MOTORI NAVALI IN ZONE ALTAMENTE CONURBATE**

Si può ben dire che, forse per la marginalità dell'impresa marittima nel panorama industriale, non si è destinata un'attenzione specifica all'impatto della navigazione sulle zone di terra. Sono anni che si discute di porre limiti all'inquinamento urbano nelle zone miste terra – acqua ma l'oggetto dell'attenzione è sempre scivolato verso l'impatto ambientale in quelle realtà (: Venezia) ad alta conurbazione ed elevato livello di canalizzazione urbana. Le realtà portuali sono state coinvolte nelle limitazioni poste alle emissioni marine soltanto in quanto pertinenti zone di applicazione di norme generali di limitazione dell'inquinamento atmosferico.

Il panorama attuale è il seguente: in seguito all'applicazione, avvenuta nel 2005, delle prime norme di limitazione sull'inquinamento da motori marini, sono state dapprima individuate alcune zone in cui contenere in maniera sistematica le emissioni sulfuree (SOx) ritenute principali responsabili delle piogge acide anche in zone lontane dalla fonte di inquinamento. Nel 2007 la "EU DIRECTIVE 2005/33/EC Sulphur content of marine fuel, MARPOL Annex VI Air Pollution" entra in vigore così delineando una netta distinzione tra zone controllate e no. Dipendendo le emissioni sulfuree dal contenuto di zolfo nel combustibile bruciato, si è deciso di limitare al 4.50 % il limite assoluto di questo contenuto nei combustibili "worldwide". Ma sono state individuate altresì delle SECA (Sulphur Emissions Control Area) in cui il contenuto di zolfo deve essere contenuto in termini molto più stringenti. Più recentemente (2010) le limitazioni delle percentuali ammissibili di zolfo nei combustibili ai fini di ridurre gli SOx ed i particolati solidi (PM) emessi sono state estese alle zone costiere e portuali di varie nazioni (tra cui quelle europee) denominate ECA (Emission Control Area). E così, il prospetto finale dei contenuti di S nei combustibili (ai fini del contenimento delle emissioni di SOx e PM) è il seguente:

aree non SECA	4.5 % fino al 1/1/2012
	3.5 % fino al 1/1/2020
	0.5 % oltre il 1/1/2020
aree ECA	1.5 % fino al 1/7/2010
	1.0 % fino al 1/1/2015 (0.1 % nei porti ex 2005/33/EC)
	0.1 % oltre il 1/1/2015

La norma prevede anche il caso che il combustibile a bordo non risponda (anche occasionalmente) ai requisiti posti e permette, in alternativa alle specifiche del combustibile, di contenere le emissioni finali dai motori in zone ECA entro i 6 g/kWh; questo dispositivo pare oggi prematuro a causa della

scarsa disponibilità dei cosiddetti “scrubber” che realizzano l’abbattimento degli ossidi di zolfo facendoli reagire con composti contenenti calcio e convertendoli in solfati di calcio. Oppure è prevista la possibilità di utilizzare additivi chimici al combustibile che, pur non eliminando lo zolfo presente nel combustibile, lo fa reagire trasformandolo in sostanze inerti nei confronti della combustione. Il controllo dell’emissione di SOx si traduce, dunque, in quello del contenuto di zolfo nel combustibile imbarcato.

Diversa è la situazione del contenimento degli NOx. Questi composti sono emessi in maniera strettamente dipendente dalla temperatura massima raggiunta dai gas durante il ciclo di combustione. Il loro controllo è pertanto legato alla regolazione dei parametri di funzionamento dei motori (soprattutto fasatura delle pompe, anticipo di iniezione e fase della distribuzione) ed è possibile eseguirlo anche durante la navigazione con impatto limitato sulla gestione della navigazione.

Su questi gas, l’ANNEX VI alla Marpol (regolamento 13) pone dei limiti massimi in funzione del numero di giri di rotazione del motore (rpm); divide, inoltre, l’applicazione temporale della norma in tre fasi (denominate tier) che restituiscono una limitazione progressivamente più stringente delle emissioni ammissibili nelle ECA. Il prospetto complessivo delle limitazioni ex ANNEX VI è il seguente:

tier I (fino al 1/1/2011)	rpm < 130	17 g/kWh
	130 < rpm < 2000	45/rpm <sup>0.2</sup>
	2000 < rpm	9.8 g/kWh
tier II (1/1/2011 - 1/1/2016)	rpm < 130	14.4 g/kWh
	130 < rpm < 2000	44/ rpm <sup>0.23</sup>
	2000 < rpm	7.7 g/kWh
tier III (dopo il 1/1/2016)	rpm < 130	3.4 g/kWh
	130 < rpm < 2000	9/ rpm <sup>0.2</sup>
	2000 < rpm	2.0 g/kWh

La maggioranza dei motori destinati alla produzione di energia elettrica per i servizi di bordo ha velocità di rotazione di 600 rpm; a tale regime corrisponde una emissione di NOx ammissibile di circa 12.5 g/kWh fino al 2011, di circa 10.1 g/kWh oltre quella data.

### **3. EFFETTI DELLE EMISSIONI ALLO SCARICO SULLA SALUTE UMANA**

Prima di dare qualche indicazione sul “bombardamento” di sostanze nocive nell’area in l’osservazione, appare opportuno sottolineare quali sono gli apparenti effetti dell’assunzione dei nocivi in questione e le dosi massime che oggi si prendono a riferimento per i casi di esposizione continuativa alle emissioni.

Di tali valori si è interessata, com’è ovvio, l’Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) che, relativamente agli ossidi di azoto e zolfo ha studiato l’effetto sull’organismo e sull’ambiente della presenza di NOx e SOx in modo da fornire suggerimenti circa il loro contenimento.

Per NOx s’intende l’insieme degli ossidi di azoto normalmente emessi dai motori a combustione interna; del totale degli ossidi emessi direttamente, in genere gli NO costituiscono la parte fortemente predominante (anche il 90%), il rimanente è prevalentemente NO<sub>2</sub>. Tuttavia, in generale si identifica l’emissione di NOx con quella di NO<sub>2</sub> in quanto il monossido tende a reagire appena messo a contatto con molecole di ossigeno libero e si trasforma pressoché tutto nel più insidioso NO<sub>2</sub>.

Per questo componente, la WHO indica come limite di esposizione *harmless* su base oraria  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (con estensione fino a  $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$  quando l'esposizione non supera i 30 minuti); l'esposizione annuale massima è fissata in  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Esposizioni maggiori agli ossidi di azoto sono evidentemente da considerare pericolose: si è osservato che esposizioni anche relativamente brevi a concentrazioni di  $50 - 150 \text{mg}/\text{m}^3$  sono foriere di possibili risentimenti polmonari; l'inalazione a  $100 \text{mg}/\text{m}^3$  ha mostrato di poter generare danni seri all'apparato respiratorio. Inalazioni anche brevi di  $\text{NO}_2$  alla concentrazione di  $300 - 400 \text{mg}/\text{m}^3$  possono essere letali.

Un'altra indicazione interessante viene fornita dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) che si è interessato del problema del contatto con gas tecnici da parte di operatori industriali; per essi è stata emessa una indicazione di massima dose tollerabile di 3 ppb in volume ( $\sim 9.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in un ciclo di otto ore lavorative al giorno per cinque giorni alla settimana.

Gli SOx sono invece emessi dai motori esclusivamente in base alla presenza di zolfo nel combustibile bruciato; è quindi su questo parametro che si agisce per limitare gli effetti di rilascio degli ossidi di zolfo in atmosfera.

Quanto agli effetti sulla salute umana, il WHO ha fornito le seguenti indicazioni circa le emissioni di ossidi di zolfo:

esposizioni con danni limitati

$0,06 \text{mg}/\text{m}^3$  possibili episodi di bronchite e infezioni alle prime vie respiratorie

$0,3 \text{mg}/\text{m}^3$  possibili danni respiratori (specialmente anziani e bambini)

$0,8-2,6 \text{mg}/\text{m}^3$  percezione olfattiva sostanza (esigenza maschera antigas e ricerca di un ricovero)

esposizioni con danni gravi

$3 \text{mg}/\text{m}^3$  esposizioni di 10 min generano aumento del ritmo respiratorio e del battito cardiaco

$25 \text{mg}/\text{m}^3$  irritazioni agli occhi, naso e gola, aumento frequenza cardiaca

$5 \text{g}/\text{m}^3$  asfissia tossica, collasso cardiocircolatorio

Anche su questo componente l'INFN ha indicato la massima esposizione relativa a giornate lavorative di 8h per 5 giorni alla settimana: max 22 ppb ( $\sim 0.06 \text{mg}/\text{m}^3$ ).

## 4. SCENARI DI EMISSIONE DALLE NAVI

Se si passa in prossimità del Molo Beverello (estremità occidentale del Porto ed anche molo dedicato ai crocieristi in quanto in pieno centro della città) è facile trovarsi a riflettere circa l'impatto evidentemente importante delle attività legate alla navigazione e, in definitiva, sulla vita e sui rischi per la salute sulle persone: se il periodo è quello primaverile od estivo, non è difficile vedere un muro di navi da crociera ormeggiate lì vicino, praticamente a chiudere la vista del mare.

Per decisione presa qualche anno fa, è proprio il Beverello ad ospitare le navi da crociera con il loro carico di turisti di ogni parte del mondo; ed è quindi in un sito relativamente ristretto che, per soddisfare la richiesta di potenza durante la sosta in porto, sono contemporaneamente in funzione vari generatori le cui emissioni allo scarico finiscono per sommarsi. In alcuni periodi, è come avere a pochi passi una centrale elettrica di potenza rilevante (come vedremo, decine di MW) senza le tutele che si rendono necessarie in quei casi.

Per dare una quantificazione di quale possa essere il livello del problema, si sono immaginati alcuni scenari tipo per metterli in correlazione con le potenze attive, le emissioni dei principali componenti dei gas di scarico (per il momento, si sono riportate le emissioni di  $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_x$  ossia quelle che, per i motivi esposti sopra, sono sotto l'attenzione della comunità internazionale).

Sulla scorta dell'osservazione della presenza di navi da crociera in porto, si è ipotizzato uno scenario standard in cui cinque navi siano presenti (ed operative) contemporaneamente lungo i circa 1000 metri resi disponibili all'attracco.

NOx: dato che i generatori sono sincronizzati a 514, 600 o 900 giri, in via conservativa, si è scelta una velocità di rotazione di 900 giri che corrisponde ad una emissione massima consentita di 11.5 g/kWh.

SOx: si è supposto di rispettare il limite (ammesso) di 6 g/kWh.

Ipotesi per le navi

Si è supposta la presenza contemporanea di 5 navi (reali e registrate RINa: i dati sono stati tratti da sito del Registro) dalle seguenti caratteristiche:

<i>tipo nave</i>	<i>GRT</i>	<i>Lbp (m)</i>	<i>potenza elettrica installata (kW)</i>
crociera	114000	247	68400
crociera	92720	265	65300
crociera	114000	247	76850
crociera	58600	222	31389
crociera	42300	230	5040

Tabella 1 – ipotesi base per la valutazione dell'impatto del funzionamento contemporaneo di più utenti sull'atmosfera del Porto di Napoli

Nella tabella 1 sono sintetizzati i dettagli tecnici e le ipotesi di base per la valutazione dell'impatto; la prima configurazione analizzata riguarda, dunque, cinque navi scelte tra quelle che usualmente attraccano nel sito osservato, tutte con impianti di propulsione diesel elettrici e, pertanto, con motori primi destinati indifferentemente alla propulsione ed alla produzione di energia elettrica per i servizi di bordo (all'attracco, prevalentemente quelli alberghieri).

Supponendo che la produzione di potenza elettrica attiva sia la metà di quella dichiarata come massima per le navi considerate, si possono stimare le seguenti emissioni assolute degli ossidi di azoto e zolfo:

potenza attiva (kW)	emissioni NOx (t/H)	emissioni SOx (t/H)
117.000	1.33	0.704

Sono quantità evidentemente enormi; e se anche si supponesse che la potenza prodotta sia soltanto il 30% di quella nominale, i numeri che uscirebbero fuori non sarebbero molto più confortanti.

potenza attiva (kW)	emissioni NOx (t/H)	emissioni SOx (t/H)
86.000	0.98	0.517

Si tratta, insomma, di sopportare una emissione globale di circa una tonnellata ad ora di ossidi di azoto e metà di ossidi di zolfo.

Non è difficile immaginare quanto pesante possa essere l'impatto di simili riversamenti di inquinanti in un ambiente relativamente ristretto e come si possano facilmente creare microaree in cui l'ambiente risulti estremamente tossico.

Per valutare correttamente l'impatto diretto di tutte queste emissioni occorre passare dal dato di emissione assoluto dagli apparati motore delle navi a quello relativo alle percentuali di inquinanti

nell'atmosfera in prossimità delle zone interessate a questa condizione. Per far ciò, occorrerebbe mettere in piedi un modello credibile di diffusione delle sostanze inquinanti nell'atmosfera che tenga conto dei venti, della componente (almeno verticale) del gradiente termico, delle condizioni mutevoli occasionalmente. Una simile applicazione valica evidentemente i limiti della presente relazione; tuttavia, per dare qualche numero anche in questo ambito, si è fatto riferimento ad alcuni studi di settore (finalizzati essenzialmente alla stima dell'impatto ambientale delle varie fonti di inquinamento nelle varie zone della città di Napoli a fini istituzionali) che, sulla base di rilievi al vero e dell'applicazione di software dedicati, permettono di simulare sia le emissioni delle principali sostanze nocive, sia la concentrazione di queste ultime nelle varie zone.

È chiaro che studi di questo genere analizzano più a fondo le condizioni di emissione in termini di displacemento e di cicli di attività delle fonti nonché delle condizioni al contorno in cui tali emissioni hanno luogo.

Prendendo, così, a riferimento gli studi condotti nel DIME (Dipartimento di Meccanica per l'Energetica) dell'Università di Napoli "Federico II" per conto della Regione Campania, con riferimento alle attività portuali dell'anno 2005, si leggono numeri non molto diversi da quelli dati sopra: lo studio stima in 4455 t l'emissione annuale di NOx ed in 2725 t quella degli SOx.

Come si nota facilmente, si tratta di valori compatibili con quelli forniti con valutazioni molto più elementari e fatti risalire alla sola attività delle navi da crociera.

Quanto alla concentrazione di questi elementi in area portuale, è possibile fare riferimento alle fig. 1 e 2 in cui vengono riportate le concentrazioni di NOx e SOx elaborate su dati del 2002 (ma confermate per molti anni successivi); per entrambe le sostanze si può osservare come l'area portuale sia quella in cui le concentrazioni sono di gran lunga più forti.

Stando a questi dati, dalle parti del Porto, la concentrazione di NOx varia tra 176 e 322  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , quella di SOx tra 107 e 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vale la pena ricordare che esposizioni agli ossidi di azoto sono state definite dalla WHO in 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  su base oraria (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  su base annuale) e in 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  quelle agli ossidi di zolfo che cominciano a dare problemi di salute.

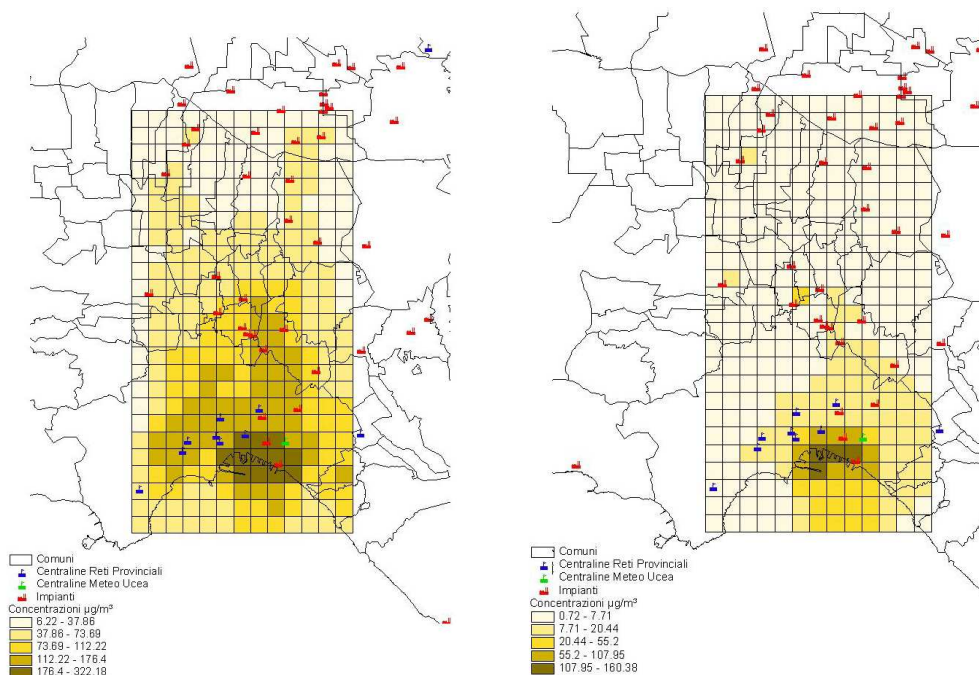


Figure 1 e 2: schema delle concentrazioni di NOx e SOx nelle aree della città di Napoli

## 5. CONCLUSIONI

*Ictu oculi*, la situazione del Molo Beverello, punto d'attracco delle navi crociera a Napoli, non può non essere considerata una criticità a sé nell'ambito di una situazione generale già non soddisfacente dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico cittadino.

La centralità del posto, la presenza contemporanea di più navi, l'esigenza di produrre rilevanti quantità di corrente elettrica per i servizi di bordo, formano un cocktail micidiale che rischia di generare condizioni di vivibilità assai precaria per coloro che frequentano a vario titolo la zona portuale.

E considerazioni ulteriori rendono lo scenario di ancor più complesso approccio: si è visto che la norma attuale impone concentrazioni di zolfo non superiore allo 0.1% nei combustibili in uso nei porti ECA, tra cui quello partenopeo.

Ma è anche consentito l'uso del combustibile normale (ben più inquinante: 4.5% di S) per non più di tre ore nelle 12 ml in cui sarebbe indicato il combustibile BTZ. Ciò significa che, per evidenti motivi, contenendo le manovre di approdo e partenza entro questi tempi (non è difficile), di fatto è possibile entrare ed uscire dal Porto di Napoli con i combustibili a più alto tenore di zolfo.

Per le navi che in attracco producono corrente elettrica il discorso è evidentemente diverso in quanto in tal caso l'uso dei combustibili puliti deve essere certificato dai bunker report e non ne si può evitare l'adozione; ma è pur vero che le emissioni non sono al momento soggette ad alcuna misurazione (come avviene in alcuni porti ad es. scandinavi) bensì validate anch'esse dal certificato di classe (e dai cosiddetti "Technical File" in cui viene annotato il settaggio del motore da adottare per evitare di sfiorare le quote di emesso consentito).

Ma, al di là della complessa (e non obbligatoria) misurazione di tali sostanze che permetterebbe di avere l'esatta conoscenza del rispetto o meno della norma, ci sarebbe da obiettare che per gli NOx (e, in deroga, anche per gli SOx) le limitazioni sono in termini di emissioni specifiche e non assolute. In altri termini, navi dotate di motori modernissimi dalle emissioni specifiche molto basse ma potenze molto alte (vi sono navi da crociera dell'ultima generazione da 225'000 tsl) finiscono con il contribuire in maniera molto rilevante (sebbene legittimo) a tenere l'inquinamento locale a livelli eccezionalmente alti.

Tornando, per finire, al caso del molo napoletano, proporre soluzioni sostenibili al problema appare una sfida ai limiti del possibile.

Da più parti si propone oggi di ricorrere al cosiddetto *cold ironing* ossia alla fornitura di energia elettrica a bordo da strutture di terra dotate di apposita linea di erogazione e connessione; con questo sistema si potrebbero tenere spenti i motori delle navi ed eliminare il grosso delle emissioni nella zona portuale.

L'idea, eccellente e risolutiva sul piano teorico, si scontra purtroppo con le dimensioni del problema: in periodi di piena, si è visto, la potenza prodotta dai generatori delle navi può superare i 100 MW. Per fornire tanta potenza da terra occorrerebbe installare *in situ* centrali di trasformazione e distribuzione di enorme portata; sovrastrutture così impegnative, a parte i tempi ed i costi di realizzazione, avrebbero il problema della sistemazione in quanto l'area urbana prospiciente è una delle più invase da altri sottosistemi (la piazza del Municipio – che si trova di fronte al Molo Beverello – è oggi cantiere di una stazione di interscambio delle linee metropolitane cittadine le cui sottostrutture la invadono praticamente per intero).

Banalmente, un palliativo di rapida applicazione potrebbe consistere nel rivedere l'opportunità di avere tante navi crociera concentrate in un'area piccola dove anche le emissioni finiscono per sommarsi; data l'estensione relativamente grande del Porto, si potrebbe "diluire" la presenza di queste navi fornendo ai passeggeri servizi di collegamento con l'interno e con le principali *location* cittadine.



## 6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E SITOGRAFICI

- F. Balsamo, A. Paciolla, F. Quaranta: "L'acquisizione a bordo dei dati di propulsione e di navigazione", La Termotecnica; Anno L, n°3, Marzo 1996, pp. 65 - 72
- F. Balsamo, A. Paciolla, F. Quaranta: "A system for the experimental determination of the hydrodynamic impact of M/B operating in Venice", PRADS '98, Den Haag, settembre 1998, in Pratical Design of Ships and Mobile Units, Elsevier Science
- F. Balsamo, S. Miranda, C. Pensa, F. Quaranta: "Full scale tests on a high speed waterjet catamaran: monitoring and analysis of the working conditions, evaluation of the ship - model correlation procedures"; IMAM 2002 - Rethimno (Creta - Grecia), maggio 2002
- F. Balsamo, S. Miranda, C. Pensa, F. Quaranta: "Analisis of the operations of a catamaran in service in the Neapolitan gulf; comparison between full scale trials and towing tank tests"; FAST 2003 - Ischia (Napoli), ottobre 2003
- F. Balsamo, F. Quaranta: "Low emission propulsion plants for urban and coastal transportation"; IMAM 2005 - Lisbona (Portogallo), settembre 2005

[www.arpacampania.it](http://www.arpacampania.it)

[www.porto.napoli.it](http://www.porto.napoli.it)

<http://www.rinnovabili.it/emissioni-navali-ora-ce-un-nuovo-regolamento-403094>

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52007SC0819:it:HTML>

[http://www.lastampa.it/\\_web/cmstp/tmplrubriche/ambiente/grubrica.asp?ID\\_blog=51&ID\\_articolo=1204&ID\\_sezione=76&sezione=](http://www.lastampa.it/_web/cmstp/tmplrubriche/ambiente/grubrica.asp?ID_blog=51&ID_articolo=1204&ID_sezione=76&sezione=)

<http://www.consar.net/nox.html>

[http://www.marinediesels.info/2\\_stroke\\_engine\\_parts/Other\\_info/annex\\_vi.htm](http://www.marinediesels.info/2_stroke_engine_parts/Other_info/annex_vi.htm)

<http://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php>

[http://www.ipta.org.uk/review\\_of\\_marpol\\_annex\\_vi.htm](http://www.ipta.org.uk/review_of_marpol_annex_vi.htm)

<http://www.nonsoloaria.com/iqposaca.htm>

[http://www.atmosphere.mpg.de/enid/3\\_\\_Ozono\\_e\\_ossidi\\_di\\_azoto/\\_ossidi\\_di\\_azoto\\_6s4.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/3__Ozono_e_ossidi_di_azoto/_ossidi_di_azoto_6s4.html)

<http://www.anagen.net/nitrossido.htm>

[http://www.indoor.apat.gov.it/site/it-it/AGENTI\\_INQUINANTI/Chimici/Biossido\\_di\\_azoto/](http://www.indoor.apat.gov.it/site/it-it/AGENTI_INQUINANTI/Chimici/Biossido_di_azoto/)

<http://www.fosoil.com/lowsulphurregsaug2007.htm>

<http://www.atobviaonline.com/public/BORISHtmlHelp/index.html?whataresecaareas.htm>

<http://www.consar.net/sox.html>

<http://www.severnesnow.com/html/emissions.php>

<http://www.fi.infn.it/sez/prevenzione/gas/index.html>